

CARACTERIZAÇÃO DA FRAGILIDADE DO ENDOCARPO E RIGIDEZ DA AMÊNDOA DA CASTANHA DE CAJU 'CCP 76' ANTES E APÓS TRATAMENTO TÉRMICO

MAX C. ARAÚJO¹, ANTONIO CARLOS O. FERRAZ² MARISTELA F. S. SANTANA³

¹Engenheiro Agrícola, Professor Doutor do Campus Amílcar Ferreira Sobral - UFPI, Floriano, PI, (89) 3522-3284. max@ufpi.br.

²Engenheiro Agrícola, Professor Livre Docente, Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI-UNICAMP. carlos@agr.unicamp.br

³Eng^a Agrônoma, Bolsista DCR/CNPq convênio FAPEPI, Doutora, UFPI, Teresina, PI. maristelasantana@gmail.com

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

RESUMO: Com o objetivo de desenvolver mecanismos decorticadores mais apropriados com as características viscoelásticas da casca da castanha de caju *in natura* procurou-se caracterizar o clone 'CCP 76' através de suas principais dimensões, massa, volume e propriedades mecânicas do endocarpo e amêndoa antes e após o tratamento térmico. Aplicou-se a metodologia de superfície de resposta para identificar o melhor tratamento térmico e tempo de umidificação submetido à castanha. Observaram-se alterações nas dimensões, comprimento, largura, espessura, massa, volume e ensaios mecânicos antes e após tratamento. Os resultados do ensaio de cisalhamento do endocarpo e rigidez da amêndoa indicam diferenças entre o material *in natura* e o tratado termicamente. As alterações nas dimensões massa e volume apontam para a necessidade de uma classificação após o tratamento térmico quando estas constituírem parâmetros relevantes no processo de decorticação. O ensaio com 79 horas de umidificação e 165s de residência em LCC a 210°C pela tendência da superfície de resposta foi a mais próxima da região de ótimo.

PALAVRAS-CHAVE: *Anacardium occidentale*, viscoelasticidade, ruptura.

CHARACTERIZATION OF FRAGILITY OF THE ENDOCARP AND RIGIDITY OF THE KERNEL OF THE CASHEW NUT 'CCP 76' BEFORE AND AFTER THERMAL TREATMENT

ABSTRACT: The objective of developing mechanisms more appropriate with viscoelasticity characteristics *in natura* of the shell cashew nut to decortication tried to characterize the cashew nut of the clone 'CCP 76' through their main dimensions, mass and volume as well as, mechanical tests in the endocarp and kernel before and after the thermal treatment. The response surface methodology was applied to identify the best submitted thermal treatment the cashew nut. Alterations were observed in the dimensions, length, width and thickness, mass, volume, as well as, the mechanical test before and after treatment. The results for the shear tests in the endocarp and stiffness of the kernel pointed differences between *in natura* and thermally treated nuts. The alterations in the dimensions mass and volume appear for the need of a classification after the thermal treatment when these constitute relevant parameters in the decortication process. The test with 79 hours of umidificação and 165s of residence in LCC to 210°C for the tendency response surface was the closest of the area of great.

KEYWORDS: *Anacardium occidentale*, viscoelasticity, rupture.

INTRODUÇÃO: No beneficiamento da castanha de caju realiza-se uma umidificação e um tratamento térmico em LCC a alta temperatura com objetivo de alterar as características viscoelásticas da casca promovendo uma folga (espaço) entre o endocarpo e a amêndoa, tornando a casca mais frágil e, portanto, mais fácil de romper com aplicação de uma pequena deformação. As transferências de calor e massa no processo são muito complexas e, devido à geometria e distribuição irregular de massa da castanha, fica difícil obter um tratamento térmico uniforme. PERSSON (1987) levanta a hipótese que a ruptura do material fibroso ocorre quando a tensão de cisalhamento excede o valor crítico. Esta tensão na parede fibrosa pode ser ocasionada pela combinação de tensão de tração na direção da fibra,

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As dimensões médias das castanhas de caju antes e após o tratamento térmico (Tabela 1) apresentaram um acréscimo médio. Observa-se que após o tratamento térmico, o coeficiente de variação das dimensões e da massa é de 6 a 9 vezes maior quando comparadas com as castanhas *in natura*. Já para o volume constatou-se uma pequena redução no coeficiente de variação, de 9% antes do tratamento térmico para 8% após o tratamento térmico. No geral, todas essas alterações observadas apontam para a necessidade de uma classificação após o tratamento térmico quando esta representar parâmetro importante no processo de decorticação da castanha. Quando se aplica uma deformação limitada na castanha tendo com objetivo romper a casca e preservar a integridade da amêndoa, essas alterações nas dimensões, massa e volume devem ser levadas em consideração para uma boa eficiência no processo de beneficiamento.

Tabela 1. Dimensões médias, massa e volume da castanha de caju antes e após o tratamento térmico com LCC.

	Unidade	Tratamento térmico		Diferença (%)
		Antes	Após	
Comprimento (10^{-3})	m	33,61 (1)*	35,89 (6)	+ 6,78
Largura (10^{-3})	m	27,39 (1)	28,96 (7)	+ 5,72
Espessura (10^{-3})	m	20,65 (1)	23,28 (8)	+ 5,49
Massa (10^{-3})	kg	9,10 (2)	6,86 (18)	- 24,66
Volume (10^{-6})	m ³	8,96 (9)	11,56 (8)	+ 29,23

*Coeficiente de variação entre parênteses - %.

Os valores médios de umidade, em base seca (b.s.) para a amêndoa variaram de 5,24 a 6,72% e para a casca de 2,5 a 7,2%. BORGES e PELEG (1997) afirmaram que a presença de óleo nas nozes parece ser a principal causa da ausência de fragilidade sendo o que limita a absorção ou dessorção de água, tornando-as mais ou menos rígidas. Como exemplo da relação de força-deformação característica, apresenta-se, na Figura 3, uma curva obtida no ensaio de cisalhamento do endocarpo com tratamento térmico, ensaio 1, e sem tratamento térmico, ensaio 12. Esta indica que, quanto mais frágil o material, menores os níveis de força de cisalhamento e de deformação específica correspondente. Para os demais tratamentos verificou-se comportamento semelhante. Para a deformação específica (mm/mm), na força máxima, o ensaio 1, com tratamento térmico, e o ensaio 12, *in natura*, não apresentaram diferenças significativas (Tukey, $p \leq 0,05$), logo apresenta-se a tendência da superfície de resposta para a deformação específica no endocarpo em função do tempo de umidificação e tempo de residência no LCC a 210°C, na Figura 4. Verifica-se que a região de mínimo estar abaixo da faixa estudada e que o ensaio 1, de menor deformação específica, é o que esta mais próximo da região desejada. Na Figura 5 observa-se uma das relações características de força-deformação obtidas no ensaio de penetração da amêndoa, com tratamento térmico, ensaio 1 e sem tratamento térmico, ensaio 12. No geral, as relações características dos outros tratamentos apresentaram comportamentos semelhantes. Após comparação de médias (Tukey, $p \leq 0,05$), entre os dados da energia, do ensaio 1, com tratamento térmico, e ensaio 12, *in natura*, não foram evidenciados diferenças significativas, logo apresenta-se na Figura 6 a tendência da superfície de resposta para a energia na amêndoa em função do tempo de umidificação e tempo de residência no LCC a 210°C, sugerindo que a menor energia encontra-se na região de tom mais claro, com maior ou menor tempo de umidificação e de residência no LCC. O ponto experimental mais próximo do ótimo é o do ensaio 1. No entanto, para futuros trabalhos deve-se utilizar uma faixa de investigação mais ampla na região indicada pela curva. Em avaliação geral, procurou-se identificar dentro da faixa estudada, um endocarpo mais frágil e uma amêndoa menos rígida com o objetivo de indicar uma combinação de umidificação e tempo de residência mais adequada, apontando para melhores resultados de ruptura da casca e liberação da amêndoa íntegra. No entanto, não ocorreram diferenças estatísticas ao nível de 95% de confiança. Sendo somente possível observar as tendências que poderão balizar futuras investigações.

e da tensão de compressão na direção perpendicular a fibra. Embora as propriedades mecânicas do endocarpo e da amêndoa tenham grande relevância no processo de decorticação, estas têm sido pouco estudadas. A determinação destas propriedades favorece uma adequação do processo térmico, bem como, fornece subsídios para concepção de projetos de máquinas. Quando se projetam mecanismos decortidores baseados na compressão a uma dada deformação específica, alguns fatores devem ser considerados, dentre eles: as alterações nas dimensões das castanhas devido ao tratamento térmico; a fragilidade da casca; a rigidez da amêndoa; e a deformação imposta no momento da decorticação, uma vez que o espaço existente entre casca e amêndoa é, via de regra, muito reduzido. Com base no exposto, este trabalho teve como objetivos: comparar as variações das principais dimensões, massa e volume da castanha antes e após tratamento térmico; avaliar o efeito do tratamento térmico, através das propriedades mecânicas do endocarpo e amêndoas, apontando para a região de melhor tratamento térmico pela metodologia de superfície de resposta.

MATERIAL E MÉTODOS: Neste trabalho utilizaram-se castanhas de tamanho médio do clone ‘CCP 76’ fornecidas pela Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza–CE. Aplicou-se a metodologia de superfície de resposta (BARROS NETO *et al.* 2002) para estudar o efeito combinado do tempo de umidificação e tempo de residência no LCC, utilizando um fatorial 2^2 , com 3 pontos na região central e 4 pontos axiais, totalizando 11 pontos experimentais. A umidificação consistiu na imersão em água, por período de 2 horas, em seguida, drenou-se a água e as castanhas foram colocadas em recipiente hermético por um período de repouso de 72, 79, 86, 93 e 100 horas. O tempo de residência em LCC foi de 120, 135, 150 165 e 180s. Determinou-se a umidade segundo as recomendações de Melo *et al.*, 1998; caracterização dimensional (comprimento, largura e espessura) com paquímetro digital; medidas de massa em balança de precisão e volume pela relação de densidade (MOHSENIN, 1970). Para os ensaios mecânicos utilizaram-se lotes com 25 castanhas *in natura* e submetidas ao tratamento térmico em LCC à 210°C na combinação de umidificação e tempo de residência de acordo com o planejamento experimental. A escolha do melhor parâmetro (força máxima, deformação específica ou energia), a ser utilizada na caracterização da fragilidade do endocarpo e rigidez da amêndoa, foi feita em função do menor coeficiente de variação apresentado. Realizou-se uma comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) entre os diversos tratamentos e o material *in natura* (testemunha). As castanhas foram decorticadas através de dispositivo manual para avaliação do cisalhamento do endocarpo e rigidez da amêndoa. Após o tratamento térmico, retirou-se o excesso de LCC da superfície passando por 2 horas de resfriamento. Retirou-se o epicarpo e o mesocarpo, através de escarificação seguindo-se para o ensaio de cisalhamento com o dispositivo mostrado na Figura 1. Para o ensaio de penetração das amêndoas utilizou-se uma ponteira cilíndrica de 2mm de diâmetro (Figura 2) acoplada a uma máquina universal de ensaios (TEXTURE ANALYSE), Modelo TA 500, com célula de carga de 50N, à taxa de deformação constante de 0,6 mm/s e profundidade máxima de 30% da espessura. Utilizou-se 25 amêndoas para cada tratamento realizado. A avaliação foi feita pelo valor da força e energia de deformação.

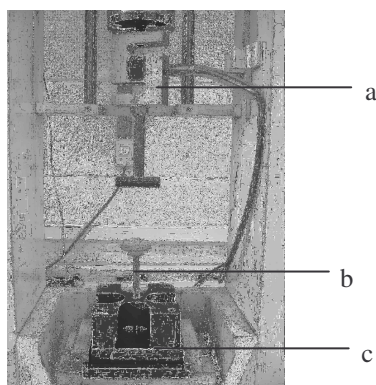


Figura 1. Dispositivo de cisalhamento acoplado a máquina universal de ensaios mostrando a célula de carga (a), a ponteira (b) e a base plana (c).

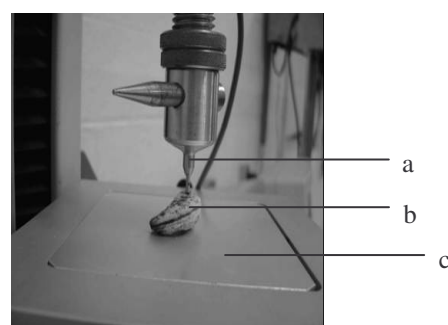


Figura 2. Ponteira utilizada no ensaio de penetração da amêndoa, mostrando a ponteira (a), a amêndoa (b) e a base plana (c).

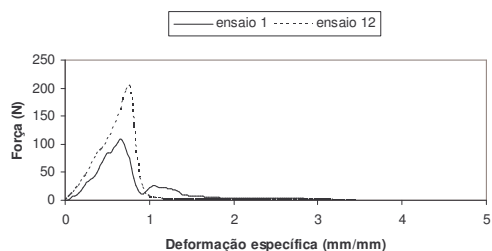


Figura 3. Relações força-deformação características, para o ensaio de cisalhamento do endocarpo com tratamento térmico, ensaio 1, e sem tratamento térmico, ensaio 12.

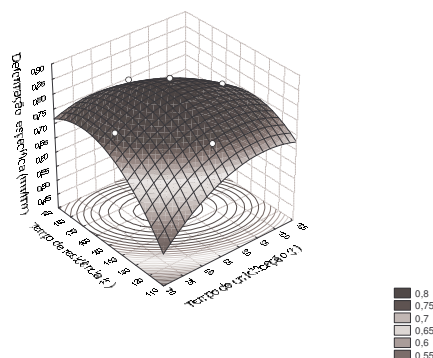


Figura 4. Tendência da superfície de resposta e curva de contorno para a deformação específica no endocarpo em função do tempo de umidificação e tempo de residência.

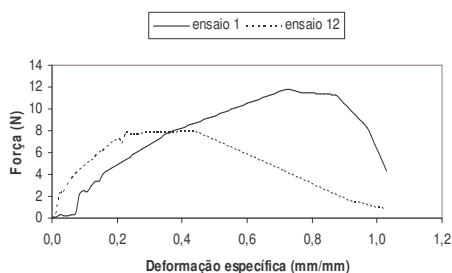


Figura 5. Relações força-deformação características, para o ensaio de penetração da amêndoa com tratamento térmico, ensaio 1, e sem tratamento térmico, ensaio 12.

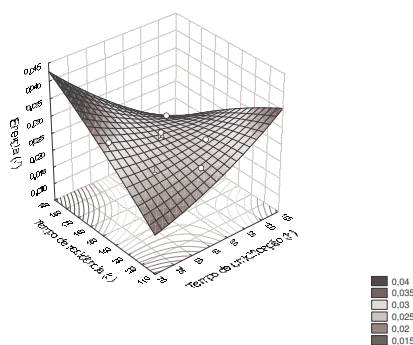


Figura 6. Tendência da superfície de resposta e curva de contorno para a energia na amêndoa em função do tempo de umidificação e tempo de residência.

CONCLUSÕES: As diferenças dimensionais encontradas após a preparação das castanhas de caju ‘CCP 76’ indicam a necessidade de classificação após o tratamento térmico. O tempo de 79 horas de umidificação combinado com 135s de residência no LCC a 210°C para a castanha de caju ‘CCP 76’, pela tendência da superfície de resposta, apontou ser o tratamento mais próximo da região desejada. No entanto, recomenda-se estudar uma faixa mais ampla de umidificação e de residência no LCC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Como fazer experimentos – pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas: Editora da Unicamp, 2002.

BORGES, A. ; PELEG M. Effect of water activity on the mechanical properties of selected legumes and nuts. **Journal Science Food Agricultural**. n.75, p. 463-471, 1997.

MELO, M.L.P.; MAIA, G.A.; SILVA, A.P.V.; OLIVEIRA, G.S.F.; FIGUEIREDO, R.W. Caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) crua e tostada. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v.18, n.2, p. 184-187, mai./jul., 1998.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials: structure, physycal characteristics and mechanical properties**. New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1970.

PERSSON, S. **Mechanics of cutting plant material**. St. Joseph: ASAE Technical Editor, 1987.